

ラマン増強用ナノスロットフォトニック結晶構造の検討

A Study on Nano-Slot Structures for Raman Enhancement

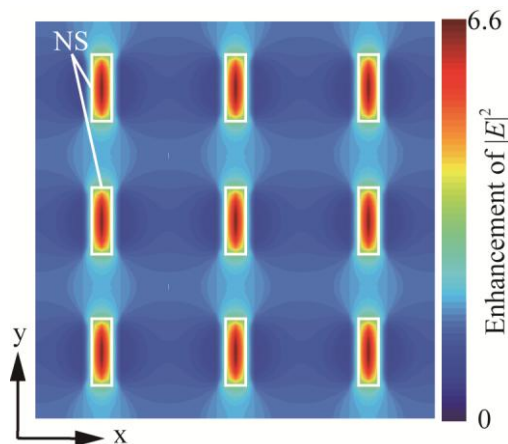
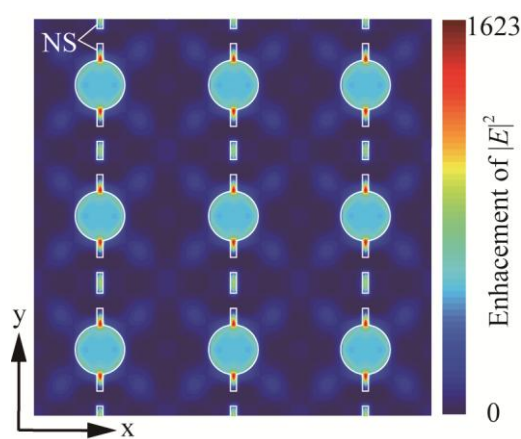
横国大・院工, [○]岸洋次, 西島喜明, 馬場俊彦Yokohama Nat'l Univ., [○]Y. Kishi, Y. Nishijima and T. BabaE-mail: kishi-yoji-vf@ynu.jp

高感度な化学分析や生体分析には、分子種を識別可能なラマン分光が有効である。しかしラマン散乱光強度は励起光よりも 6 桁以上微弱であり、高感度検出のための工夫が必要である。例えば金ナノ粒子や粗い金表面を用いれば、プラズモン増強によって強いラマン散乱光が得られるが、所望の増強が安定的に得られないという問題がある。そこで我々は、ナノスロット(NS) による光局在とフォトニック結晶 (PC) 共振器による電界増強を利用した、より確実なラマン増強法を検討した。ナノスロット構造は高屈折率差境界における電界の不連続により、強い光局在が生じる¹⁾。これは導波路や共振器構造がないバルク中に形成されたナノスロットでも同様であるが、共振器がある場合は、共振器に閉じ込められた光がさらに強く局在する²⁾。今回は 3 次元 FDTD 法により、これらの局在に由来した増強を見積もった。

屈折率 3.16, 厚さ 180 nm のスラブを仮定し、ここに面上方から平面波を入射する状況を考える。このスラブに幅 30 nm の NS が周期的に形成されたモデルに対する光の局在を図 1 に示す。入射光電界が x 偏光のとき NS の中では $|E|^2$ がバルクに比べて 6.6 倍に増強された。一方、PC の円孔に NS を配置した場合を図 2 に示す。ここでは PC スラブ全面での共振が得られるバンドエッジ共振器を仮定し、各円孔の横に NS を配置している。円孔直径 240 nm, 格子定数 660 nm, NS 幅 30 nm, 共振波長 1064 nm に対する光の局在を図 2 に示す。NS の内部では、 $|E|^2$ がバルクに比べて 1623 倍に増強された。前者の場合、共振ではなく局在のみなので、入射光と散乱光が共に増強され、最大 44 倍のラマン増強が期待される。ただし増強はスロット内部 (側面を含む) のみである。このことを考慮し、NS 以外のスラブ表裏面も含めて平均化すると 31 倍のラマン増強となった。後者は共振を用いるため、散乱光も同時に共振する条件を探索する必要があるが、同様の共振が得られれば、最大 7 桁以上のラマン増強が見込める。こちらはスロットの面積比率が小さいので、平均化すると増強度は低下するが、それでも 5 桁以上が期待される。

参考文献

- 1) R. Vilson et al., Opt. Lett. 29 (2004) 1209.
- 2) S. Kita, et al., Appl. Phys. Lett. 97, 161108 (2010)

図 1 NS 構造における $|E|^2$ 分布.図 2 NS PC 共振器における $|E|^2$ 分布.